



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
11 **DE 3636316 A1**

21 Aktenzeichen: P 36 36 316.2
22 Anmeldetag: 24. 10. 86
43 Offenlegungstag: 30. 4. 87

51 Int. Cl. 4:
H01 J 37/256
H 01 J 37/20
H 01 J 37/147
G 21 K 1/00

DE 3636316 A1

Behördenstempel

51 // G01N 23/22, H01L 21/66, 21/68

30 Unionspriorität: 32 33 31
25.10.85 JP P237499/85

71 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:
Pagenberg, J., Dr.jur., RECHTSANW.; Bardehle, H.,
Dipl.-Ing., PAT.-ANW.; Frohwitter, B., Dipl.-Ing.,
RECHTSANW.; Dost, W., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Altenburg, U., Dipl.-Phys., PAT.-ANW.; Kroher, J.,
Dr., RECHTSANW.; Geißler, B., Dipl.-Phys.Dr.-jur.,
PAT.- U. RECHTSANW., 8000 München

72 Erfinder:
Todokoro, Hideo, Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zum Abtasten von Oberflächen unter Verwendung eines geladenen Partikelstrahls

Es wird eine Vorrichtung beschrieben, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, die Einrichtungen beinhaltet, um geladene Partikel zu erzeugen, Einrichtungen, um diese geladenen Partikel zu beschleunigen, so daß die geladenen Partikel eine gewünschte kinetische Energie aufweisen, eine Linseneinrichtung, welche zumindest eine Objektivlinse beinhaltet, um einen geladenen Partikelstrahl, welcher aus den beschleunigten, geladenen Partikeln gebildet ist, auf der Oberfläche eines Prüfkörpers zu fokussieren, Abtasteinrichtungen, um die Oberfläche des Prüfkörpers zwei-dimensional mit dem fokussierten Strahl abzutasten, Detektor-Einrichtungen, um sekundäre Elektronen, reflektierte Elektronen, Röntgenstrahlen und Licht zu erfassen, welche alle von der Oberfläche des Prüfkörpers ausgehen, Einrichtungen zum Bewegen der Objektivlinsen zum Bewegen einer Objektivlinse in nächster Nähe zu dem Prüfkörper, und Ablenkeinrichtungen, welche mit den Bewegungseinrichtungen für die Objektivlinse gekoppelt sind, um den geladenen Partikelstrahl so abzulenken, daß der geladene Partikelstrahl eine parallele Verschiebung an der Objektivlinse erfährt, um einen Betrag, welcher der Bewegungsentfernung der Objektivlinse entspricht.

DE 3636316 A1

Patentansprüche

1. Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, und welche kennzeichnungsge-
mäß enthält:

Einrichtungen (54, 57, 58, 59) zum Erzeugen
von geladenen Partikeln;
Einrichtungen (60) zum Beschleunigen dieser
geladenen Partikel in der Weise, daß die gela- 10
denen Partikel eine gewünschte kinetische
Energie aufweisen;
Linseneinrichtungen, (53, 49, 3) welche zumin-
dest eine Objektivlinse beinhalten, um einen
geladenen Partikelstrahl (5) zu fokussieren, 15
welcher aus den beschleunigten, geladenen
Partikel gebildet ist, und zwar auf der Oberflä-
che eines Prüfkörpers (4, 80);
Abtasteinrichtungen (9', 10' 11', 12'; 61, 62) um
die Oberfläche dieses Prüfkörpers zwei-di- 20
mensional mit dem fokussierten Strahl abzuta-
sten;
Detektor-Einrichtungen (35, 36, 37; 47) zum
Erkennen von sekundären Elektronen, reflek- 25
tierten Elektronen, Röntgenstrahlen und Licht,
welche alle von der Oberfläche dieses Prüfkör-
pers aus ausgehen;
Einrichtungen zum Bewegen der Objektivlinse
(6, 7, 32, 33, 21, 22, 17, 18, 19, 20; 39, 40) zum
Bewegen einer Objektivlinse (3) sehr nahe an 30
diesem Prüfkörper; und
Ablenkeinrichtungen (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
19, 20; 97, 98) welche mit den Einrichtungen
zum Bewegen der Objektivlinse gekoppelt
sind, um diesen geladenen Partikelstrahl (5) in 35
der Weise abzulenken, daß der geladene Parti-
kelstrahl eine parallele Verschiebung an dieser
Objektivlinse erfährt, um einen Betrag, der der
Bewegungsentfernung dieser Objektivlinse
entspricht. 40

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß diese Einrichtungen zur Bewegung
der Objektivlinse, diese Objektivlinse in einer hori-
zontalen Ebene parallel zu der Oberfläche des 45
Prüfkörpers bewegen.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, daß, um die Objektivlinse nicht nur
in einer horizontalen Ebene parallel zu der Oberflä-
che dieses Prüfkörpers, sondern auch in einer Rich-
tung senkrecht zu dieser horizontalen Ebene zu 50
bewegen, diese Einrichtungen zur Bewegung der
Objektivlinse des weiteren Einrichtungen (47, 29)
beinhalten, um diese Objektivlinse in einer Rich-
tung senkrecht zu dieser horizontalen Ebene zu
bewegen. 55

4. Vorrichtung gemäß mindestens einem der An-
sprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die
Ablenkeinrichtungen über dieser Objektivlinse an-
geordnet sind, und aus oberen Ablenkeinrichtun- 60
gen (9, 10, 13, 14, 19, 20; 97) und unteren Ablenkein-
richtungen (11, 12, 15, 16, 19, 20; 98) besteht, und daß
jede dieser oberen Ablenkeinrichtungen und dieser
unteren Ablenkeinrichtungen diesen geladenen
Partikelstrahl um einen Betrag ablenkt, welcher der 65
Bewegungs-Entfernung dieser Objektivlinse ent-
spricht, so daß dieser geladene Partikelstrahl eine
Parallelverschiebung bezüglich dieser Objektivlin-

s erfährt und immer durch den Mittelpunkt dieser
Objektivlinse verläuft.

5. Vorrichtung gemäß mindestens einem der An-
sprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß diese
Abtasteinrichtungen aus oberen Abtasteinrichtun-
gen (9' 10'; 61) und aus unteren Abtasteinrichtun-
gen (11', 12', 62) bestehen, wobei jede aus einer
elektrostatischen Abtasteinrichtung und einer elek-
tromagnetischen Abtasteinrichtung gebildet ist,
und daß eine Abtastspannung oder ein Abtaststrom
jeder dieser oberen Abtasteinrichtungen und dieser
unteren Abtasteinrichtungen zugeführt wird und
einer Ablenkspannung oder einem Ablenkstrom
überlagert ist, welcher diesen Ablenkeinrichtungen
zugeführt wird und welcher der Bewegungsentfer-
nung dieser Objektivlinse entspricht, so daß dieser
geladene Partikelstrahl eine Parallelverschiebung
an dieser Objektivlinse ausführt, um einen Betrag,
welcher der Bewegungsentfernung dieser Objek-
tivlinse entspricht, und dann schwingt, als ob dieser
geladene Partikelstrahl um den Mittelpunkt dieser
Objektivlinse geschwenkt wird, und zwar auf der
Grundlage dieser Abtastspannung oder dieses Ab-
taststroms.

6. Vorrichtung gemäß mindestens einem der An-
sprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß diese
Ablenkeinrichtungen (35, 37, 40) gemeinsam mit
dieser Objektivlinse (3) als ein Körper bewegt wer-
den.

7. Vorrichtung gemäß mindestens einem der An-
sprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein
Energiefilter (38) für diese Sekundärelektronen
zwischen diesen Detektoreinrichtungen und dieser
Objektivlinse angeordnet ist.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch g kenn-
zeichnet, daß diese unteren Ablenkeinrichtungen
(98) gemeinsam mit dieser Objektivlinse als ein
Körper bewegt werden.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß eine dieser elektrostatischen Abtast-
einrichtungen und dieser elektromagnetischen Ab-
tasteinrichtungen, welche jeweils verwendet wer-
den, um diese unteren Abtasteinrichtungen zu bil-
den, gemeinsam mit der Objektivlinse als ein Kör-
per bewegt werden.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch ge-
kennzeichnet, daß eine zusätzliche Objektivlinse
(49) über diesen oberen Ablenkeinrichtungen (97)
angeordnet ist.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch ge-
kennzeichnet, daß eine zusätzliche Objektivlinse
(49) über einer dieser elektrostatischen Abtastein-
richtungen und dieser elektromagnetischen Abtast-
einrichtungen, welche verwendet werden, um diese
oberen Abtasteinrichtungen zu bilden, angeordnet
ist.

12. Vorrichtung gemäß mindestens einem der An-
sprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine
Platte (91), welche die Form eines Kreises oder die
Form eines Rechtecks aufweist und mit einer Viel-
zahl von Anschlußdrähten (92) versehen ist, welche
radial auf dieser Platte angeordnet sind und überein
Isolationsmaterial (90) hermetisch mit dieser ver-
bunden sind, unter dieser Objektivlinse angeordnet
ist und an einem Vakuumbehälter (26) befestigt ist,
und daß diese Platte (91) mit diesem Prüfkörper
(80), an einem zentralen Teil dieser Vakuumkam-
mer befestigt ist, und daß ein elektrisches Signal

von der Außenseite dieses Vakuumbehälters zu diesem Prüfkörper geführt ist.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte eine vollkommen luftdichte Bauweise aufweist.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß diese Platte als Meßkarte dient.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß diese Einrichtungen (74 bis 78, 81 bis 84) zum Bewegen des Prüfkörpers, in horizontalen und vertikalen Richtungen, unter dieser Meßkarte angeordnet sind.

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum zweidimensionalen Abtasten eines Prüfkörpers wie zum Beispiel einer Halbleitereinrichtung, mit einem fokussierten, geladenen Strahl und insbesondere eine Vorrichtung, welche einen fokussierten, geladenen Strahl in einem weiten Winkelbereich ablenken kann, um einen großen Oberflächenbereich eines Prüfkörpers mit dem fokussierten, geladenen Strahl abtasten zu können. Obwohl später als Beispiel für die vorliegende Erfindung nur ein Abtast-Elektronenmikroskop beschrieben wird, ist die vorliegende Erfindung nicht auf Abtast-Elektronenmikroskope beschränkt, sondern ist bei Vorrichtungen anwendbar, bei denen ein geladener Partikelstrahl abgelenkt wird, um die Oberfläche eines Prüfkörpers damit abzutasten.

Bei einem herkömmlichen Abtast-Elektronenmikroskop, wie es auf Seite 17 eines japanischen Buches beschrieben ist, daß den Titel trägt "SOSAKENBIKYO NO KISO TO OYO (Elementary Knowledge and Applications of Scanning Electron Microscope)" welches von KYORITSU SYUPPAN Co., Ltd. am 1. Dezember 1983 veröffentlicht wurde, ist ein Elektronenstrahl so angeordnet, daß er die Mitte einer Objektivlinse durchläuft, und es wird ein Prüfkörper, der mit dem Elektronenstrahl bestrahlt wird, horizontal in der Weise bewegt, daß der Elektronenstrahl auf einem gewünschten Teil der Oberfläche des Prüfkörpers auftritt, trotz der Tatsache, daß der Elektronenstrahl durch ein elektrisches oder magnetisches Feld abgelenkt werden kann, um das gewünschte Teil der Oberfläche des Prüfkörpers abzudecken. Dies ist darin begründet, daß das Abtast-Elektronenmikroskop, um eine räumliche Auflösung von ungefähr 100 Å zu erreichen, es erforderlich macht, daß der Elektronenstrahl durch die Mitte der Objektivlinse durchgeführt wird, um die Aberration in Bezug auf die Objektivlinse zu minimieren.

Die Fig. 11 ist eine Schemaskizze, die die Ablenkung eines Elektronenstrahl in einem herkömmlichen Abtast-Elektronenmikroskop zeigt. Wie in dieser Figur zu sehen ist, wird, um die sphärische Aberration einer Objektivlinse 3 zu vermeiden, ein Elektronenstrahl 5 durch Ablenkeinrichtungen 1 und 2 so abgelenkt, daß der Strahl 5 immer durch die Mitte der Linse 3 läuft. Wenn der Ablenkwinkel an dem Mittelpunkt der Linse 3 durch, β ausgedrückt wird, ist der Durchmesser Δd der Verwirrungsscheibe (disk of confusion) durch folgende Näherungsgleichung gegeben:

$$\Delta d = 0.014 \times \beta \times L \times \frac{\Delta V}{V} \times \frac{IN}{\sqrt{V}},$$

wobei V eine Beschleunigungsspannung bezeichnet, ΔV die Energiestreuung (energy spread) des Elektronen-

strahls, IN die Amperewindungen (ampere-turn) der Objektivlinse und L die Entfernung zwischen der Objektivlinse und einem Prüfkörper 4. Wenn zum Beispiel in einem Fall, in dem die Beschleunigungsspannung V 10 kV beträgt, und die Energiestreuung ΔV in 1 V das Verhältnis $IN/\sqrt{V} = 15$, die Entfernung $L = 50$ mm ist, und der Ablenkwinkel $\beta = 0.1$ radian ist, wird die Bewegungsentfernung des Elektronenstrahls an der Oberfläche des Prüfkörpers 5 mm betragen, und der Durchmesser der Verwirrungsscheibe wird 1 μ m sein. Deshalb wurde der Ablenkwinkel β kleiner als 10^{-3} radian gemacht, um Δd kleiner zu machen als 100 Å. Dementsprechend ist es notwendig, um eine große Oberfläche des Prüfkörpers 4 beobachten zu können, den Prüfkörper horizontal zu bewegen.

In den letzten Jahren ist ein Abtast-Elektronenmikroskop verwendet worden als Elektronenstrahl-Tester zum Beobachten der internen Abläufe in einer integrierten Schaltung. In einem Elektronenstrahl-Tester wird ein vollständiger hochintegrierter Schaltkreis als Prüfkörper verwendet, und dessen Arbeitszustand beobachtet. Dementsprechend treten Probleme auf, weil nämlich eine große Anzahl von Anschlußdrähten, die mit einem Prüfkörper verbunden sind, in einer Vakuumkammer geführt werden müssen, und weil der Prüfkörper horizontal in der Vakuumkammer bewegt werden muß.

Kurz gesagt, hat der Elektronenstrahl-Tester den Nachteil, daß ein solcher Prüfkörper horizontal im Vakuum bewegt werden muß.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, zu schaffen, welche die zuvor geschilderten Probleme des Standes der Technik überwinden kann, und in welcher ein geladener Partikelstrahl in einem weiten Winkelbereich in der Weise abgelenkt werden kann, daß die Bewegung einer Objektivlinse mit der Ablenkung des geladenen Partikelstrahls verbunden ist, um einen großen Oberflächenbereich des Prüfkörpers mit dem geladenen Partikelstrahl zu bestrahlen, ohne den Prüfkörper zu bewegen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst.

Beim Gegenstand des Anspruchs 1 gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Objektivlinse in einer horizontalen Richtung parallel zu der Oberfläche des Prüfkörpers bewegt, und die Einrichtung, welche die Objektivlinse bewegt, ist mit den Ablenkeinrichtungen verbunden, um zu bewirken, daß der geladene Partikelstrahl (z. B. ein Elektronenstrahl), eine parallele Verschiebung erfährt, so daß der Elektronenstrahl immer durch den Mittelpunkt der Objektivlinse durchgeführt ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung, darin zeigten:

Fig. 1 eine Schemaskizze, die einen Hauptteil einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet;

Fig. 2 eine Schnittansicht eines Hauptteils einer Ausführungsform einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine Schnittansicht entlang der Linie III-III der Fig. 2;

Fig. 4 und 5 Schnittansichten der Hauptteile eines anderen und eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine Ansicht, teilweise geschnitten und teilweise als Blockdiagramm, einer weiteren Ausführungsform einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 eine Schnittansicht, welche ein Ausführungsbeispiel einer Platte 65 zum Halten des Prüfkörpers gemäß Fig. 6 zeigt;

Fig. 8 eine Schnittansicht eines Hauptteils einer weiteren Ausführungsform einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 eine Aufsicht, welche ein Beispiel der Meßkarte 73 gemäß Fig. 8 darstellt;

Fig. 10 eine Schnittansicht entlang der Linie X-X der Fig. 9;

Fig. 11 eine Schemaskizze der Ablenkeinrichtung eines Elektronenstrahles in einem herkömmlichen Abtast-Elektronenmikroskop.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend im einzelnen auf der Grundlage ihrer dargestellten Ausführungsbeispiele beschrieben.

Die Fig. 1 zeigt schematisch ein Abtast-Elektronenmikroskop (als Beispiel einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet) gemäß der vorliegenden Erfindung, in welchem die Bewegung einer Objektivlinse 3 mit der Verschiebung eines Elektronenstrahles 5 infolge seiner Ablenkung verbunden ist. Es sei darauf hingewiesen, daß die Abtasteinrichtung zum Schwingen des Elektronenstrahls zur Gewinnung eines abgetasteten Bildes einer Oberfläche eines Prüfkörpers von der Fig. 1 im Interesse einer kurzen Darstellung entfernt ist. Wie in der Fig. 1 zu sehen ist, ist die Objektivlinse 3 auf einem X-Schlitten 6 und einem Y-Schlitten 7 montiert und kann durch einen X-Schrittmotor 21 und einen Y-Schrittmotor 22 in horizontale Richtungen frei bewegt werden. Der Elektronenstrahl 5 wird ferner durch obere Ablenkeinrichtungen 23 und untere Ablenkeinrichtungen 24 abgelenkt. Um die Position des Elektronenstrahls 5 an der Oberfläche des Prüfkörpers 4 in X-Richtung zu bewegen ist es notwendig, die Objektivlinse 3 zu bewegen. Dies bedeutet, daß eine gewünschte Anzahl von Impulsen durch einen X-Impuls-generator 19 erzeugt werden, daß diese Impulse durch einen X-Bewegungsverstärker 18 verstärkt werden, und daß der X-Schrittmotor 21 durch die verstärkten Impulse angetrieben wird, um den X-Schlitten 6 in die X-Richtung zu bewegen, und zwar in Übereinstimmung mit der Anzahl der Umdrehungen des Schrittmotors 21. Entsprechend der Konstruktion des X-Schlittens 6 gibt es eine lineare Beziehung zwischen der Anzahl der Impulse und der Bewegungsentfernung des X-Schlittens 6. Eine X-Ablenkplatte 9 der oberen Ablenkeinrichtungen 23 ist mit einem X-Ablenkverstärker 13 verbunden, welcher eine Ausgangsspannung liefert, die proportional zu der Anzahl der Impulse ist, die von dem X-Impuls-generator 19 zugeführt werden. Des weiteren ist eine X-Ablenkplatte 11 der unteren Ablenkeinrichtungen 24 mit einem anderen X-Ablenkverstärker 15 verbunden, welcher eine Ausgangsspannung liefert, die proportional ist der Anzahl der Impulse, welche von dem X-Impuls-generator 19 zugeführt werden. Es sei darauf hingewiesen, daß der X-Ablenkverstärker 13 die Ausgangsspannung zum Ablenken des Elektronenstrahls 5 in der X-Richtung liefert und der X-Ablenkverstärker 15 liefert die

Ausgangsspannung zum Ablenken des Elektronenstrahls 5 in einer Richtung entgegengesetzt zu der X-Richtung. Der Ablenkwinkel des Elektronenstrahls, der durch die X-Ablenkplatte 9 bewirkt wird, ist gleich dem absoluten Wert des Ablenkungswinkels des Elektronenstrahls, der durch die X-Ablenkplatte 11 bewirkt wird. Demgemäß ist die Position, bei welcher der Elektronenstrahl eine horizontale Ebene schneidet, die unterhalb der unteren Ablenkeinrichtungen 24 liegt, in X-Richtung von einer Position beabstandet, in der der nicht abgelenkte Elektronenstrahl diese horizontale Ebene schneidet, d.h. der Elektronenstrahl 5 erfährt eine parallele Verschiebung in der X-Richtung, entsprechend der Anzahl von Impulsen, die von dem X-Impuls-generator 19 zugeführt werden. Die Ablenkung des Elektronenstrahls 5, die bei jeder der oberen und unteren Ablenkeinrichtungen 23 und 24 bewirkt wird, ist justiert, so daß die Summe der obigen parallelen Verschiebung gleich der Bewegungsentfernung des X-Schlittens 6 in der X-Richtung ist, und deshalb kann der Elektronenstrahl 5 immer der Bewegung der Objektivlinse 3 in der X-Richtung folgen. In gleicher Weise zur parallelen Verschiebung des Elektronenstrahls 5 in der X-Richtung, erfährt der Elektronenstrahl 5 eine parallele Verschiebung entsprechend der Bewegung der Objektivlinse 3 in der Y-Richtung, mit der Hilfe eines Y-Impuls-generators 20, eines Y-Bewegungsverstärkers 18, Y-Ablenkplatten 10 und 12, Y-Ablenkverstärker 14 und 16 und anderen. Mit der vorbeschriebenen Bauweise, kann eine Position, in der der Prüfkörper 4 mit dem Elektronenstrahl bestrahlt wird, frei auf der Oberfläche des Prüfkörpers bewegt werden, während die anfängliche Richtung des Elektronenstrahls parallel zu einer Z-Richtung aufrecht erhalten wird, indem die X- und Y-Impuls-generatoren 19 und 20 betätigt werden.

Obwohl elektrostatische Ablenkeinrichtungen 23 und 24 in der Fig. 1 gezeigt sind, kann der Elektronenstrahl 5 auch durch elektromagnetische Ablenkeinrichtungen abgelenkt werden. Ferner können Ablenkplatten 9', 10', 11' und 12', die in der Fig. 1 auf Massé gelegt sind, verwendet werden, um zu bewirken, daß der Elektronenstrahl 5 eine Abtastoperation durchführt. In diesem Fall, wird die Ablenkung des Elektronenstrahls 5 in Folge der Ablenkplatte 9', in entgegengesetzter Richtung der Ablenkung in Folge der Ablenkplatte 11' ausgeführt, und die Ablenkung in Folge der Ablenkplatte 10' ist entgegengesetzt der Richtung der Ablenkung in Folge der Ablenkplatte 12'. Des weiteren wird der Ablenkungswinkel, welcher durch die Ablenkplatte 11' bewirkt wird, größer ausgeführt, als der Ablenkungswinkel, der auf der Ablenkplatte 9' basiert, und der Ablenkungswinkel, welcher auf der Ablenkplatte 12' basiert, wird größer gemacht, als der Ablenkungswinkel, welcher auf der Ablenkplatte 10' basiert, um zu bewirken, daß der Elektronenstrahl 5 schwingt, als ob der Elektronenstrahl um den Mittelpunkt der Objektivlinse 3 geschwenkt werden würde.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht, welche ein Hauptteil eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zeigt, die einen geladenen Partikelstrahl verwendet, entsprechend der vorliegenden Erfindung, und Fig. 3 ist eine Schnittansicht, entlang der Linie III-III der Fig. 2 gesehen. In Fig. 3 zeigt die schraffierte Fläche den Querschnitt eines zylindrischen Vakuumbehälters an. In der gezeigten Ausführungsform, kann die Objektivlinse 3 nicht nur in horizontaler Richtung bewegt werden, sondern auch in einer senkrechten Richtung. Es ist überflüssig zu sagen, daß die parallele Verschiebung des Elek-

tronenstrahl 5 mit der horizontalen Bewegung mit der Objektivlinse 3 gekoppelt ist. Der Prüfkörper 4 ist mit einem Prüfkörperhalter 30 verbunden, welcher an einem offenen Endteil eines zylindrischen Vakuumbehälters 26 durch die Vakuumpackung 31 befestigt ist. Wenn die Objektivlinse 3 nur eine horizontale Bewegung ausführen kann, ist es notwendig, die Höhe des Prüfkörpers 4 innerhalb eines Bereiches von 0 bis 1 mm einzustellen.

In einigen Fällen, ist es jedoch schwierig, die Höhe des Prüfkörpers 4 einzustellen. Angesichts der vorerwähnten Tatsache, ist die vorliegende Ausführungsform mit einem Z-Schlitten 27 versehen, zusätzlich zu dem X-Schlitten 6 und dem Y-Schlitten 7. Der Z-Schlitten 27 wird vertikal entlang der Seitenwand einer Basis 28 bewegt, durch die Hilfe eines Z-Impulsmotors 29. In dieser Ausführungsform, ist die Objektivlinse 3 mit dem Vakuumbehälter 26 durch vier Faltenbälge 25 verbunden, die sich von der Objektivlinse 3 aus in radiale Richtungen erstrecken; und es sind bewegliche Wellen zur Bewegung der Objektivlinse in die Faltenbälge 25 eingeschoben, um an der Objektivlinse 3 befestigt zu werden. Dadurch kann die Objektivlinse 3 in dem Vakuum bewegt werden. Sekundäre Elektronen, die von diesem Teil der Oberfläche des Prüfkörpers emittiert werden, welcher mit dem Elektronenstrahl 5 bestrahlt wird, durchlaufen das magnetische Feld der Objektivlinse 3 und werden dann durch einen Sekundär-Elektronendetektor erfaßt, welcher aus einem Szintillator 35 welcher über der Objektivlinse 3 angeordnet ist, einer Lichtführung 36 und einem Fotoverstärker 37 besteht. Der Szintillator 35 wird mit einer hohen Spannung beaufschlagt (zum Beispiel 10 V) durch eine Durchführung 46, um sekundäre Elektronen 48 anzuziehen. Das Ausgangssignal des sekundären Elektronendetektors wird verwendet, um ein Bild der Oberfläche des Prüfkörpers zu bilden. Die Methode der Bildung eines solchen Bildes ist bekannt, und eine Erläuterung dessen ist deshalb überflüssig. In der vorliegenden Ausführungsform, ist der sekundäre Elektronendetektor über der Objektivlinse 3 angeordnet. Die Anordnung des sekundären Elektronendetektors ist jedoch nicht auf diesen Platz beschränkt, er kann auch zwischen der Objektivlinse 3 und dem Prüfkörper 4 angeordnet werden. Wie in Fig. 3 ferner gezeigt ist, ist eine bewegliche Welle 32 an dem X-Schlitten 6 befestigt und wird durch den X-Schrittmotor 21 angetrieben. Weiterhin ist eine bewegliche Welle 33 an dem Y-Schlitten 7 der Fig. 2 befestigt und durch den Y-Schrittmotor 22 angetrieben.

Fig. 4 ist eine Schnittansicht, die ein Hauptteil einer anderen Ausführungsform einer Vorrichtung zeigt, welche einen geladenen Partikelstrahl gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Bei dieser Ausführungsform wird der sekundäre Elektronendetektor zusammen mit der Objektivlinse 3 bewegt, um einen Wechsel in der Effizienz der Erkennung der Sekundärelektronen zu verhindern, welcher durch die Bewegung mit der Objektivlinse 3 bewirkt wird. Wie in Fig. 4 zu sehen ist, kann die Objektivlinse 3 auf einer Grundplatte 41 gleiten, welche gegen das offene Endteil des zylindrischen Vakuumbehälters 26 durch die Vakuumpackung 42 stößt. Die Bewegung der Objektivlinse 3 wird durch Drehsteuerungen 39 und 40 eingestellt. Jede der Steuerungen 39 und 40 ist in die Innenseite des Vakuumbehälters 46 durch eine O-Ringdichtung oder Flüssig-Metall-dichtung eingeschoben. Ein Ende der Lichtführung 36, die als optische Faser ausgeführt wird, ist an der Objektivlinse 3 durch eine Befestigungsplatte 34 befestigt. Der Szintillator 35 ist an einer Endfläche der Lichtführung 36

montiert und wird mit einer Spannung beaufschlagt, um die Sekundärelektronen anzuziehen und zu beschleunigen, wobei diese Spannungs-Baufschlagungsmittel in der Fig. 4 nicht dargestellt sind. Das andere Ende der Lichtführung 36 ist an den zylindrischen Vakuumbehälter 26 befestigt. Ein Fotosignal, welches die Lichtführung 36 durchlaufen hat, wird durch den Fotoverstärker 37 erfaßt, dessen Ausgang als Videosignal verwendet wird. Ein Energieanalysator (oder ein Energiefilter) 38 für die Sekundärelektronen ist über der Objektivlinse 3 angeordnet. Das elektrische Potential dieser Position der Prüfkörperoberfläche, welche durch den Elektronenstrahl 5 bestrahlt wird, kann unter Verwendung des Energieanalysators 38 gemessen werden. D.h., daß die Potentialverteilung eines LSI (d.h. ein hochintegrierter Schaltkreis) gemessen werden kann, indem ein solcher Energieanalysator verwendet wird. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel, ist die Packung 44 eines LSI an der Grundplatte 41 durch einen Packungsgummi 43 befestigt und der LSI wird durch eine Antriebsquelle 45 betätigt.

Wie vorstehend erwähnt, ist die vorliegende Ausführungsform mit dem Energieanalysator 38 für sekundäre Elektronen versehen. In einem Fall, in dem es unnötig ist, das Potential des Prüfkörpers zu messen, kann jedoch der Energieanalysator 38 entfallen.

Fig. 5 ist ein Querschnitt, welcher einen Hauptteil eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zeigt, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, entsprechen der vorliegenden Erfindung. In diesem Ausführungsbeispiel, werden die Objektivlinse 3 und eine untere Ablenkspule 98 (entsprechend der zweiten Ablenkeinrichtung 2 der Fig. 11) als ein Körper bewegt. Gleichzeitig ist eine obere Ablenkspule 97 (entsprechend der ersten Ablenkeinrichtung 1 in Fig. 11) an dem zylindrischen Vakuumbehälter 26 befestigt. Bei dieser Bauweise kann, selbst wenn der Elektronenstrahl 5 um einen großen Grad durch die obere Ablenkspule 97 abgelenkt wird, der Elektronenstrahl 5 durch die Mitte der unteren Ablenkspule 98 laufen, so daß eine optimale Bedingung aufrechterhalten wird. Diese Ausführungsform ist ferner mit einem Detektor 47 versehen, welcher die Form einer flachen Platte hat, um sekundäre Elektronen zu erfassen, z.B., eine Kanalplatte oder einen Halbleiterdetektor. Ein derartiger Detektor kann nur mit flexiblen Leitungsdrähten mit einem festen Teil verbunden sein, so daß es einfach ist, die Objektivlinse 3 zu bewegen.

Fig. 6 ist eine Ansicht, die teilweise geschnitten und teilweise als Blockdarstellung ausgeführt ist und zeigt eine andere Ausführungsform einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, entsprechend der vorliegenden Erfindung. In dieser Ausführungsform werden die untere Ablenkspule 98, die Kanalplatte 47 zum Erkennen der Sekundärelektronen, der Energieanalysator 38 und die Objektivlinse 3 alle als ein Körper bewegt. Ein Mechanismus zum Bewegen dieser Teile ist in der Fig. 6 nicht dargestellt, um diese zu vereinfachen. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, ist eine obere Abtastspule 61 und die obere Ablenkspule 97 an dem gleichen Platz angeordnet, und eine untere Abtastspule 62 und die untere Ablenkspule 98 sind ebenfalls an dem gleichen Platz angeordnet. Es ist klar daß die Betätigung der oberen und der unteren Ablenkspulen 97 und 98 mit der Bewegung der Objektivlinse 3 gekoppelt sind. Der Elektronenstrahl 5 wird auf dem Prüfkörper 4 durch die Objektivlinse 3 fokussiert, und die Abtastspulen 61 und 62 bewirken, daß der Elektronenstrahl 5 eine Abtastung

des Prüfkörpers 4 ausführt, um ein Bild der abgetasteten Fläche der Oberfläche des Prüfkörpers zu erhalten. Wie in bezug auf die Vorrichtung gemäß Fig. 1 erläutert wurde, schwingt bei einem Abtasten der Elektronenstrahl 5 so, als ob der Elektronenstrahl um die Mitte der Objektivlinse 3 geschwenkt werden würde. Eine zusätzliche Objektivlinse 49 ist auf, bzw. an der oberen Ablenkspule 97 angeordnet. Die zusätzliche oder Hilfs-Objektivlinse 49 und die Objektivlinse 3 werden üblicherweise als Tandem betätigt, um parallele Kathodenstrahlen zwischen den Linsen 49 und 3 zu bilden. Z.B., in dem Fall, wo die Objektivlinse 3 sich in einem ausgeschalteten Status befindet, und der Elektronenstrahl 5 auf dem Prüfkörper 4 nur durch die Hilfs-Objektivlinse 49 fokussiert ist, wirkt die vorliegende Ausführungsform als ein Mikroskop mit mehrfach zehnmaliger Vergrößerung. Indiesem Fall, z.B., wird die obere Abtastspule 61 in einen ausgeschalteten Status gebracht, und nur die untere Abtastspule 62 wird verwendet, um zu bewirken, daß der Elektronenstrahl 5 eine Abtastoperation ausführt. Die Energieselektion wird für Sekundärelektronen, welche von dem Prüfkörper 4 emittiert werden, durch den Energieanalysator 38 ausgeführt, und die selektierten Sekundärelektronen werden durch die Kanalplatte 47 detektiert. Die vorliegende Ausführungsform kann ausgebildet werden, um die vorliegende Erfindung bei einem Stroboskop-Abtast-Elektronenmikroskop (d.h. einen Elektronenstrahl-Tester) anzuwenden, um ein Stroboskopbild der Oberfläche des Prüfkörpers zu erhalten, oder um die Potentialverteilung auf der Oberfläche des Prüfkörpers zu messen (siehe IEEE Journal of solid state circuits, Band SC-13, Nr. 3, 1978). Die vorliegende Ausführungsform wird des weiteren mit Ablenkplatten 51 und 50 versehen, um den Elektronenstrahl 5 pulsieren zu lassen. Die Ablenkplatte 51 wird mit einer hochfrequenten Spannung beaufschlagt, welche zwischen +2,5 V und -2,5 V oszilliert, um zu bewirken, daß der Elektronenstrahl 5 zu einer Öffnungsplatte 63 geht und zurückkehrt, welche eine kleine Öffnung hat. Nur wenn sich der Elektronenstrahl 5 über der Öffnung bewegt, kann der Elektronenstrahl durch die Öffnungsplatte oder -blende 63 hindurchtreten. Die Ablenkplatte 50 wird mit einer anderen hochfrequenten Spannung beaufschlagt, welche zwischen 0 V und 5 V oszilliert, und ist um 90° bezüglich der hochfrequenten Spannung phasenverschoben, die an der Ablenkplatte 51 anliegt. Auf diese Weise wird nur ein pulsierender Elektronenstrahl von der Öffnungsplatte 63 innerhalb einer Periode der Hochfrequenzspannung ausgestrahlt. Eine Ablenkeinrichtung 52 wird verwendet, um den Elektronenstrahl 5 auszurichten, wobei dieser aus einer X-Ablenkeinrichtung und einer Y-Ablenkeinrichtung besteht. Ein Feldemitter 57, der als Elektronenquelle dient, wird z.B., als Wolfram -Draht ausgeführt, welcher zu einer scharfen Spitze verjüngt ist, oder kann hergestellt werden, in dem Titan oder Zirkonium in den Wolfram -Draht diffundiert werden. Der Feldemitter 57 ist mit einer Heizquelle 58 verbunden, um einer blitzartigen oder kontinuierlichen Erwärmung unterworfen zu werden.

Eine erste Anode 54 steht dem Feldemitter 57 gegenüber, und ist mit einer Spannungsquelle 59 für die Feldemission verbunden, um ein starkes Feld in der Nähe der scharfen Spitze des Feldemitters 57 zu bilden, wodurch Elektronen von der scharfen Spitze emittiert werden. Die emittierten Elektronen werden durch eine Beschleunigungsspannung beschleunigt, welche von einer Beschleunigungs-Spannungsquelle 60 zugeführt wird, und welche zwischen dem Feldemitter 57 und einer

zweiten Anode 64 angelegt wird. Die erste Anode 54 und die zweite Anode 64 wirken als Polteile einer elektromagnetischen Linse 53, welche als Kondensorlinse verwendet wird. Da die erste Anode 54 mit einer hohen Spannung für die Feldemission beaufschlagt wird, ist ein Isolator 65 zwischen der ersten Anode 54 und der Kondensorlinse 53 vorgesehen. Der Elektronenstrahl 5, welcher von dem Feldemitter 57 emittiert wird, wird auf den Mittelpunkt eines Deflektors fokussiert, welcher aus der Deflektorplatte 51 und einer dieser gegenüber angeordneten Deflektorplatte besteht, und zwar durch die Kondensorlinse 53. Der Prüfkörper 4 wird auf einer Prüfkörper-Halteplatte 65 montiert, und es kann eine gewünschte Spannung an dem Prüfkörper 4 durch Anschlüsse 67 angelegt werden, welche an der Außenseite einer Vakuumkammer vorgesehen sind.

Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Prüfkörper-Halteplatte 65 gemäß Fig. 6. Wie in Fig. 7 zu sehen ist, ist ein Sockel 68 auf einem isolierenden Substrat 72 montiert und gemäß den Anschlüssen 67 durch Leitungsdrähte 69 verbunden. Die Leitungsdrähte 69 sind durch Durchführungsöffnungen in dem Substrat 72 geführt, und die Durchführungsöffnungen werden mit einem Klebstoff gefüllt, um luftdicht abgedichtet zu sein. Das Gehäuse 44 eines LSI, welcher ein Prüfkörper ist, ist in den Sockel 68 eingeschoben. Die Anschlüsse 67 sind z.B. mit dem Testkopf eines IC Testers verbunden, welcher außerhalb der Vakuumkammer angeordnet ist, und zwar mittels Stiften 70.

Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, entsprechend der vorliegenden Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel wird verwendet, um IC's zu testen, die auf einem Halbleiter-Wafer gebildet sind. In Fig. 8 hat das Teil 87, zur Erzeugung eines Elektronenstrahls, welches über der Objektivlinse 3 angeordnet ist, den gleichen Aufbau wie in der Ausführungsform gemäß Fig. 6. Des weiteren ist ein Mechanismus vorhanden, um die Objektivlinse 3 zu bewegen, die ähnlich zu jener ist, die in Fig. 2 gezeigt ist. Ein Merkmal dieser vorliegenden Ausführungsform besteht darin, daß eine Meßkarte 73 zum Aufbringen einer Spannung an einem Wafer 80 zwischen dem zylindrischen Vakuumbehälter 26 und einer Prüfkörperkammer 85 angeordnet ist. Die Spannung, welche dem Wafer 80 zugeführt wird, wird von einem IC-Treiber 88 zugeführt, welcher auf der Außenseite des Vakuumbehälters 26 angeordnet ist. Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Ausführung besteht in dem nachfolgend beschriebenen Aufbau. Dieser besteht darin, daß der Wafer 80 an einem Wafer-Haltekörper 79 befestigt ist, welcher an einem Schlitten 78 befestigt ist. Der Schlitten 78 ist gleitend auf einem X-Schlitten 77 montiert, welcher gleitend auf einem Y-Schlitten 76 montiert ist. Der Y-Schlitten 76 ist gleitend auf einem Z-Schlitten 75 montiert, welcher vertikal an der vertikalen Wand einer festen Führung 74 gleiten kann. Da die vorgeschriebenen Bauteile in der Prüfkörper-Kammer untergebracht sind, kann eine Bedienungskraft einen gewünschten IC auf dem Wafer 80 in eine Position bringen, welche durch den Elektronenstrahl 5 bestrahlt wird, indem er einen oder mehrere der Steuerungen 81 bis 84 dreht, die auf der Außenseite der Prüfkörper-Kammer 85 angeordnet sind, während er ein abgetastetes Bild beobachtet. Es ist notwendig darauf hinzuweisen, daß die vorherbeschriebene Bewegung des Wafers 80 ausgeführt werden kann, während die Prüfkörper-Kammer 45 unter Vakuum gehalten wird.

Fig. 9 ist eine Aufsicht, welche ein Beispiel einer Meß-

karte 73 gemäß Fig. 8 zeigt und Fig. 10 ist ein Teilschnitt, entlang der Linie X-X der Fig. 9. Unter Bezugnahme auf die Fig. 9 und 10, sind Leitungsdrähte 92 auf einem Substrat 91 vorgesehen, welches aus einem Kunstharz gefertigt ist, und zwar mittels der Technik der gedruckten Schaltung, und ein Ende jedes Anschlußdrahtes ist an einem Meßkopf 89 befestigt. Des weiteren ist ein Kunstharz 90, wie ein Epoxidharz, auf dem Substrat 91 vorgesehen, in Form einer Ringplatte, welche als Vakuumdichtung verwendet werden kann, um einen Bereich, welcher von dem Harz 90 umgeben ist, von der Umgebung abzutrennen.

Wie mit Bezug auf die Fig. 1 bis 7, erläutert wurde, ist es in einer Vorrichtung, welche einen geladenen Partikelstrahl verwendet, gemäß der vorliegenden Erfindung überflüssig, einen Prüfkörper zu bewegen. Dementsprechend ist die hier beschriebene Vorrichtung geeignet, um einen Prüfkörper zu untersuchen, welcher mit einer hohen Zahl von Anschlußdrähten versehen ist, wie ein IC-Element, und ist einfacher im Aufbau der Prüfkörper-Halteeinrichtungen und der Prüfkörper-Kammer, als herkömmliche Vorrichtungen. Des weiteren wird gemäß der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Untersuchen eines IC-Wafers geschaffen, wobei in dieser Vorrichtung ein gewünschtes IC auf dem Wafer bewegt werden kann, zu einer Position, in welcher er von dem Elektronenstrahl bestrahlt wird, und zwar durch Betätigungselemente, die auf der Außenseite der evakuierten Prüfkörper-Kammer angeordnet sind. Dadurch macht die vorliegende Erfindung vielfältige Betriebsarten möglich, die nicht mit bekannten Vorrichtungen ausgeführt werden können und führt deshalb zu bemerkenswerten Fortschritten im Bereich von Forschung und Industrie.

35

40

45

50

55

60

65

3636316

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

36 36 316
H 01 J 37/256
24. Oktober 1986
30. April 1987

FIG. 1

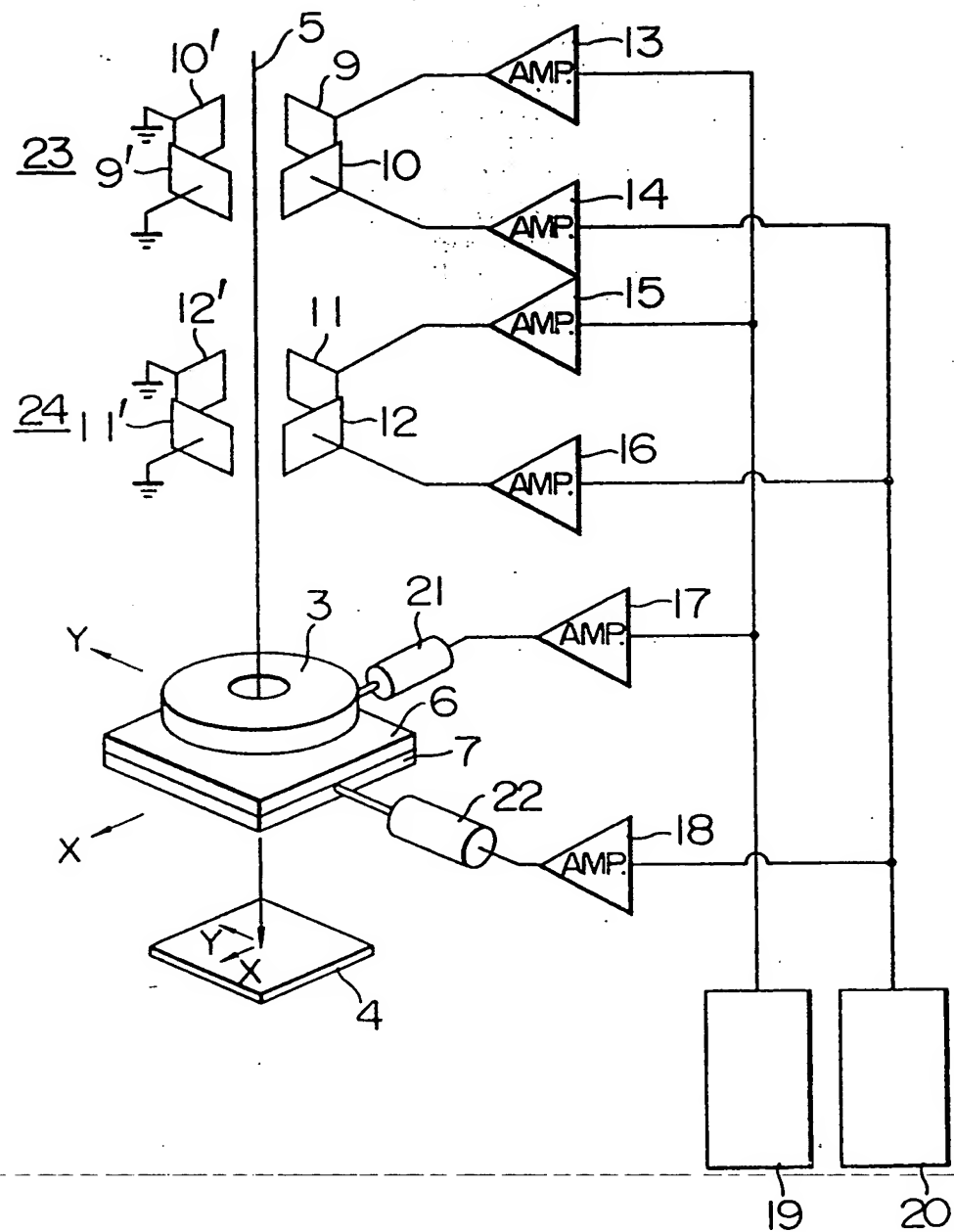


FIG. 2

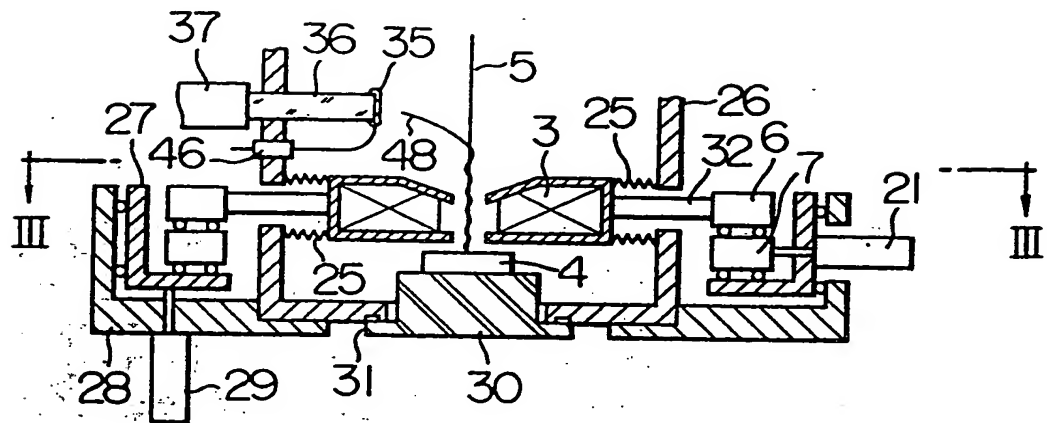


FIG. 3

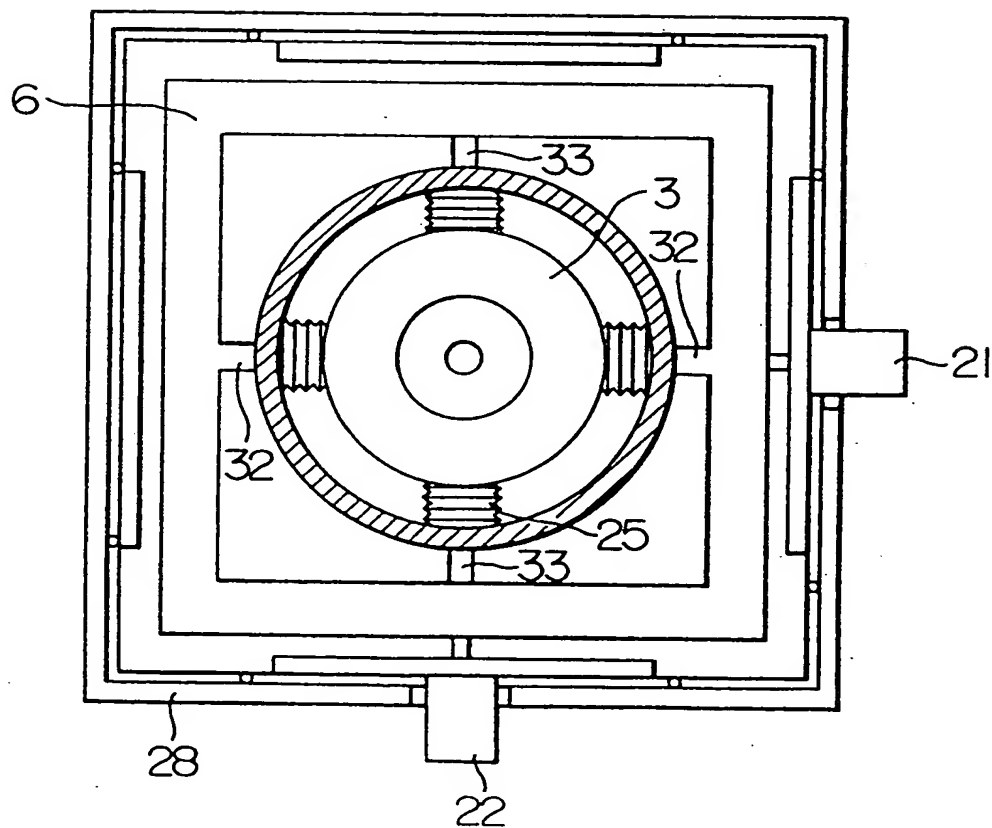


FIG. 4

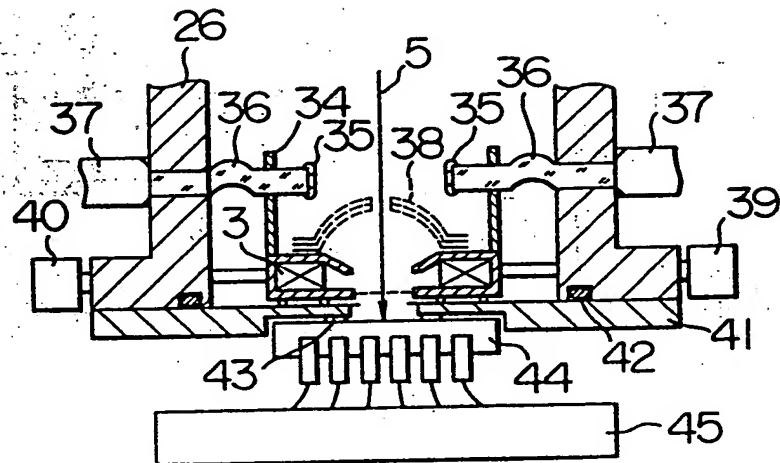


FIG. 5

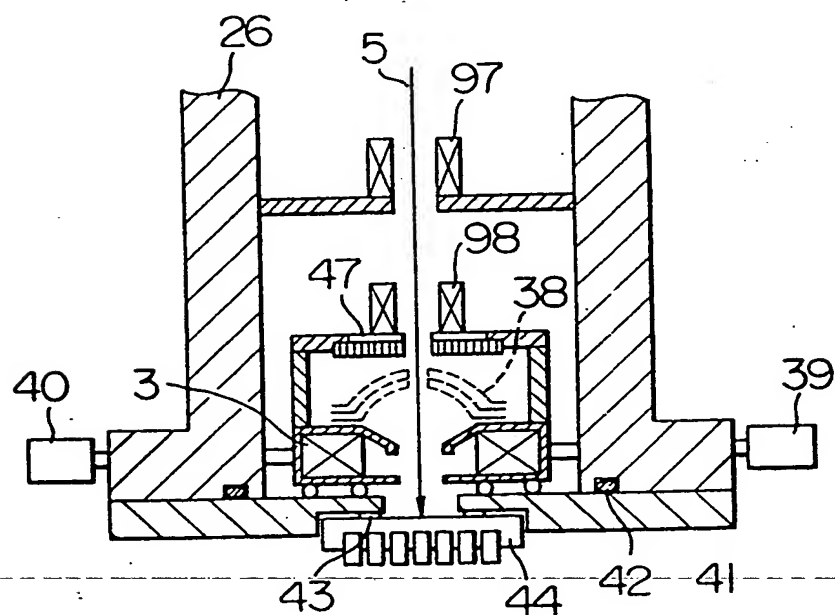


FIG. 6

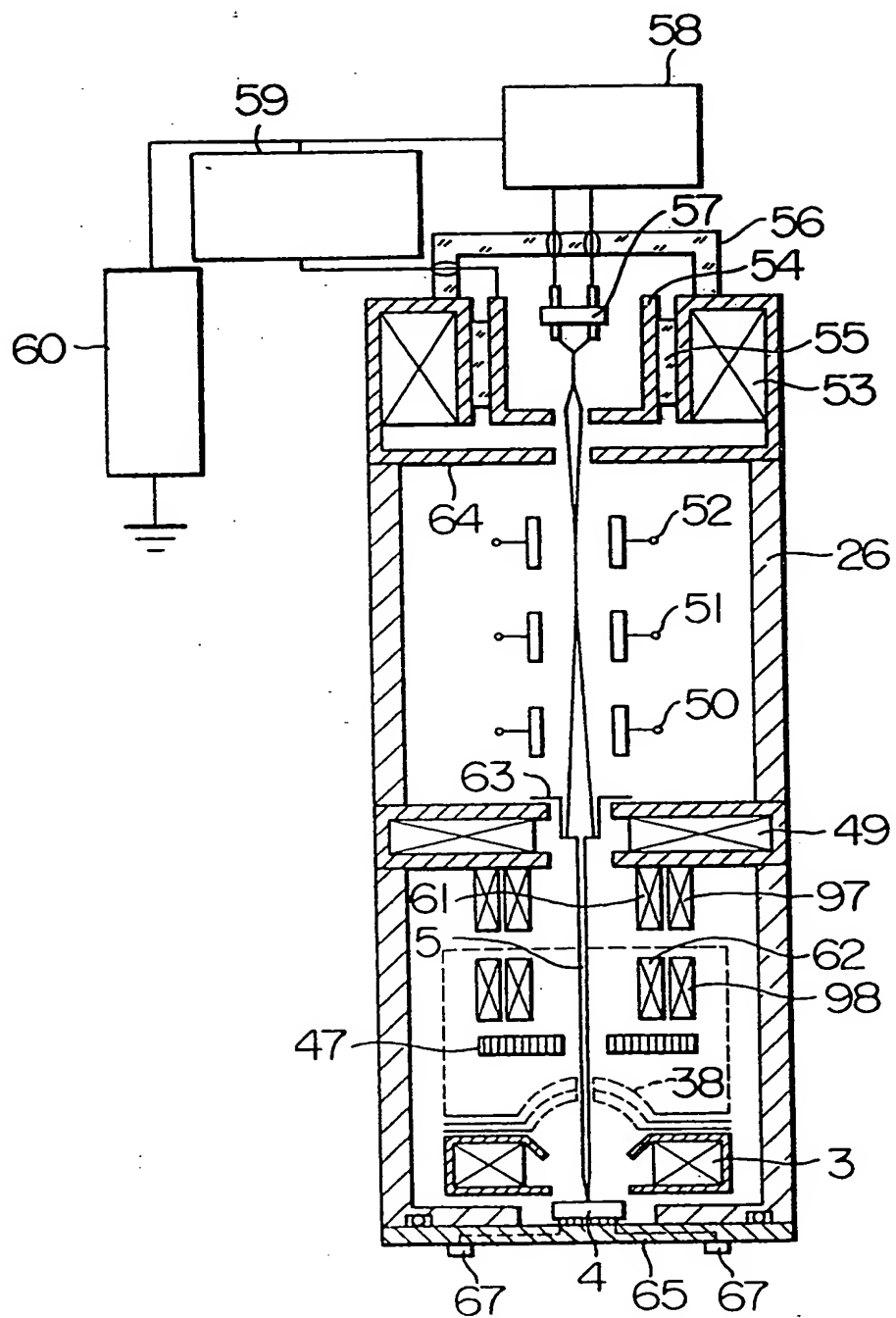


FIG. 7

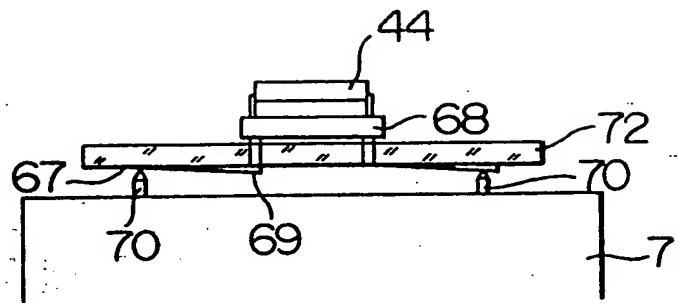
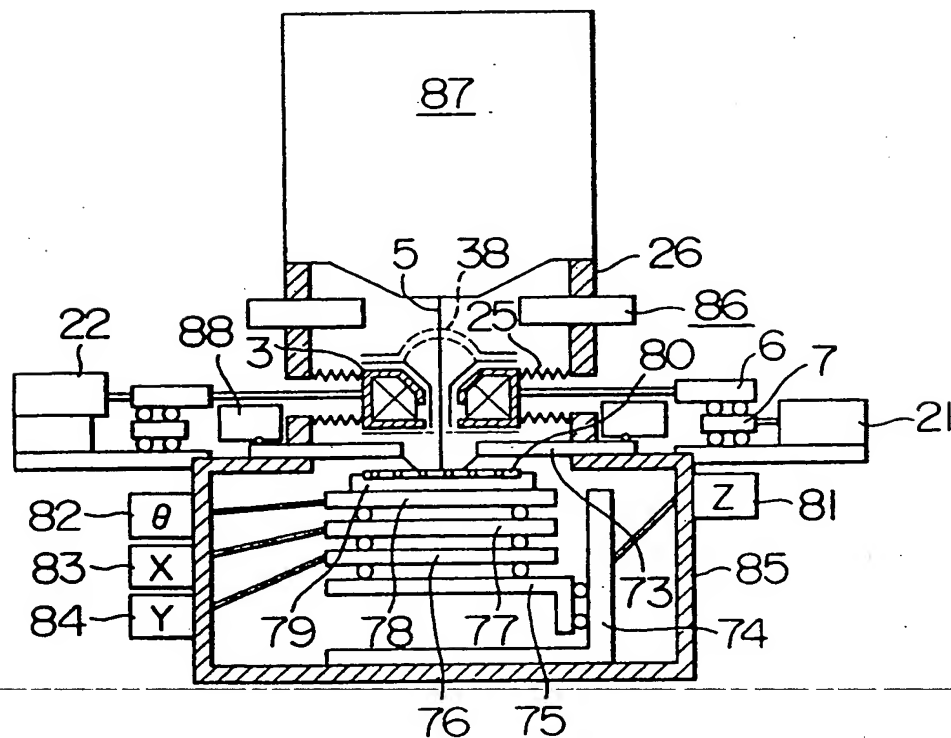


FIG. 8



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 9

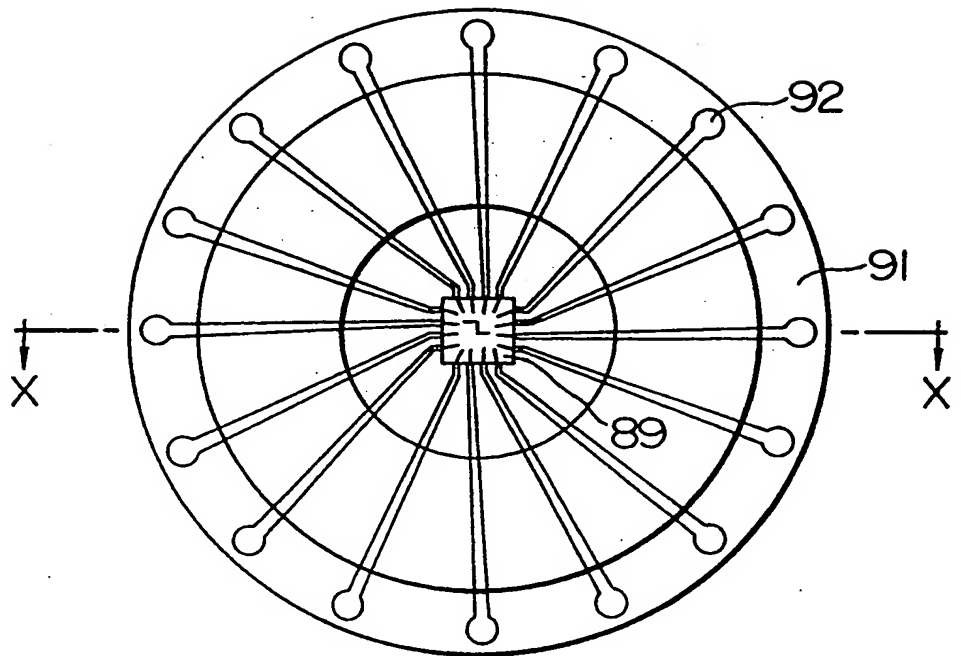


FIG. 10

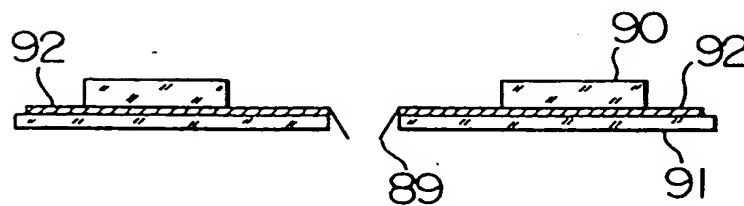
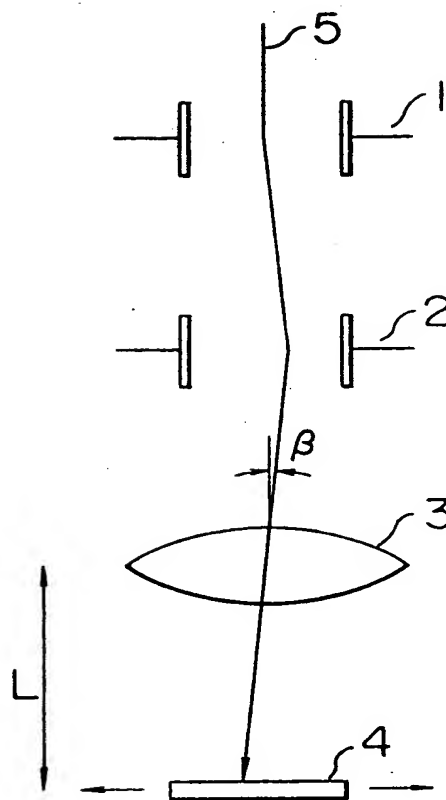


FIG. II



ORIGINAL INSPECTED